TECNOLOGÍAS CUBANAS PARA SISTEMAS DE RIEGO

Reinaldo Rey García[1], Luís Rodríguez Padrón[1], José Villanueva Cardoso[1], Ricardo Pérez Hernández[1], Carmelo Luis Chong[1], Ezequiel Jiménez Espinosa[1], Pedro González Bausells[1], Miguel Domínguez[1], Iván Sarduy[1]

Resumen

En esta ponencia se exponen los dispositivos y tecnologías que se desarrollan en nuestra Institución para la modernización de diferentes técnicas de riego en el País, con el objetivo de garantizar el ahorro de agua y energía, la sostenibilidad de los sistemas de riego, el ahorro de importaciones y contribuir al aumento de los rendimientos de los cultivos.

Los desarrollos que se presentan son:

- Bajante con boquilla de baja presión para las máquinas de pivote central.
- Tecnología para los sistemas de riego localizado.
- Tecnología de riego por gravedad de flujo intermitente.
- Tecnología de riego por aspersión de baja intensidad.

Bajante con boquilla de baja presión para las máquinas de riego de pivote central y modernización de la actual

Con el desarrollo de la tecnología de las máquinas de pivote central para el riego, la tendencia en los últimos años, en cuanto al manejo de estos equipos es reducir la presión de trabajo, sustituyendo los aspersores de impacto por difusores de baja presión y disminuir la altura de colocación de estos emisores respecto al suelo. El IIRD desarrolló una primera versión de boquilla de baja presión, que se generalizó en 800 máquinas de pivote central de accionamiento hidráulico principalmente tipo Fregat que permitió incrementos en los rendimientos de producción de la papa entre 700 y 800 qq/cab, aumentando la eficiencia de aplicación del agua hasta 85%, así como, el ahorro energético y materias primas en la actividad de riego, el no deterioro ambiental por la tecnología de riego por aspersión y la sustitución de importaciones por un valor de 2’049,000.00 USD.

El país tiene como estrategia a corto plazo, la sustitución de las máquinas existentes con accionamiento hidráulico por eléctrico, seguir las mejoras de la boquilla en explotación hasta culminar el desarrollo de la nueva boquilla de tecnología de punta, sobre la base de las deficiencias de la existente.

Tecnología de riego localizado

En Cuba existen 13 165 ha con riego localizado, de ellas en los momentos actuales, 3502 ha están sin sistemas de campo, que representan el 26 % del total. Estas áreas se fomentaron en el período 1989 – 1993, todas ellas regadas con microjet de producción nacional, y con rendimientos que sobrepasaron los 67 t/ha, resultados productivos no alcanzados en Cuba en condiciones de producción con alguna otra tecnología.

[1] Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba; Email: rey@iird.cu

En la actualidad estas plantaciones, principalmente de banano, no son funcionales en casi su totalidad y han sido afectadas por el envejecimiento de la tecnología, la falta de financiamiento en la reposición y reparaciones y la plantación de nuevos clones con marcos de plantación más amplios que demandan emisores con mayores radios de alcance y una explotación automática.

La Tecnología de Automatización para los sistemas de riego localizado desarrollada por el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, es una tecnología cubana, obtenida a partir de la transferencia de las tecnologías de avanzada empleadas en los países que están a la vanguardia a nivel mundial

Esta tecnología se desarrolló con el objetivo de lograr una alta eficiencia en la explotación de los sistemas de riego localizado, con un uso más racional y eficiente del agua y la energía.

Consta de los siguientes elementos:

- Programadores de riego.
- Una familia de válvulas hidráulicas básicas.
- Un cuadro de mando hidráulico.
- Elementos de transmisión de las señales de accionamiento
- Accesorios varios.

Programadores de riego

Características Generales:

- Flexibilidad en la programación.

  Repertorio de instrucciones: 75

  Memoria residente: ROM - PROM - EPROM - EEPROM

  Memoria de datos: RAM (SRAM - DRAM)

  Memoria Flash: ROM √ RAM.
- Programación del momento de riego.

  Base de tiempo / Sensores.
- Programación de la secuencia de riego.

  Base de tiempo / Volumen.
- Programación del fertirriego y el retrolavado de filtros.
- Protecciones

  Presiones; Cortocircuitos; Fallo en el fluído eléctrico; Error humano
- E/S serie y paralelas

  Serie: Comunicación con niveles superiores (RS-232)0

  Paralelo: Comunicación con periféricos (sensores)
- Configuración modular.

Flexibilidad en la arquitectura del sistema**.**

- Regímenes de trabajo..... Automático y Manual.

  Régimen automático:

  Ciclos de Riego ..... 6.

  Turnos de Riego (válvulas a controlar) ..... 15.

  Tiempo de riego por válvula .....1 - 99 minutos.

  Régimen manual:

  - Operación de las válvulas mediante una pizarra de interruptores.
  - Señalización lumínica mediante LED del funcionamiento de cada válvula.
  - Protección de la memoria del microprocesador (datos del usuario) de fallos en el fluído eléctrico, mediante una batería de 6 VCD, 4 Ah. , regulador de voltaje y cargador de batería.

  En ambos regímenes:

  - Circuitos de protección contra ruídos eléctricos
  - en el arranque y parada de la electro-bomba.
  - Posibilidad de utilizar sensores de humedad
  - del suelo y bioclimáticos, para la automatización
  - del momento de riego.
  - Posibilidad de riego por volúmen de agua
  - programable por válvula.
  - Voltaje de alimentación 110 – 220 VCA, 60 Hz.
  - Funcionamiento con Paneles Solares.
  - Fertirrigación automática.
  - Retrolavado de filtros de arena.
  - Voltaje de salida de las conexiones a las válvulas solenoides 24 VCA.

Válvulas

En el sistema de control automático, pueden emplearse dos tipos de mando a distancia:

1. Accionamiento eléctrico;

2. Acionamiento hidráulico.

1. Acc. Eléctrico.
Tienen el solenoide (electroimán) incorporado al cuerpo de la válvula. Se emplean en los sistemas de control con accionamiento a distancia mediante señales eléctricas. El soporte de la transmisión de la señal de control, es el cable eléctrico.

2. Acc. Hidráulico.
No poseen el solenoide incorporado al cuerpo de la válvula. En su lugar, se emplean válvulas piloto de 3 vías, que forman parte del Cuadro de Mando Hidráulico (CMH).

Se emplean en los sistemas de control con mando a distancia mediante señales hidráulicas. El soporte de la transmisión de la señal de control es el microtubo.

Cuadro de mando hidráulico.

El cuadro de mando hidráulico permite convertir las señales eléctricas provenientes del programador en señales hidráulicas que posibilitan accionar a distancia las válvulas de riego (válvulas hidráulicas).

La conversión se realiza mediante válvulas piloto de 3 vías (1 por cada turno de riego). La señal eléctrica del programador energiza al solenoide de la válvula piloto, la cual evacúa a la atmósfera, a través del microtubo, el agua contenida en la cámara de la válvula hidráulica, efectuando el riego. Cuando cesa la señal eléctrica del programador, la válvula piloto permite, a través del microtubo, que la cámara de la válvula hidráulica se llene de agua a la presión de entrada del sistema (aguas arriba); lo cual cierra la válvula finalizando el riego**.**

Emisores de riego

Dos mini aspersores desarrollados por especialistas del IIRD, el primero un mini aspersor de 30 l/h no compensante y el segundo de 35 l/h autocompensante, capaces de resolver todas las exigencias técnicas del emisor que se requiere para restablecer los sistemas de riego localizado actuales, además de garantizar su reposición a precios muy inferiores a los de las firmas extranjeras sin descuido de su valor competitivo, permitiendo un efecto económico por sustitución de importaciones de 429.92 USD/ha. para el estándar y 170.29 USD/ha para el autocompensante.

Tecnología de riego por gravedad de flujo intermitente

En Cuba el área destinada al riego superficial es de 289286.57 ha. que representa aproximadamente, el 69% del área total bajo riego del país. No obstante, en su gran totalidad, necesitan reconstrucción y mantenimiento dichos sistemas.

A partir del año 2000, se inicio una recuperación progresiva de estas áreas. El IIRD a partir de estudios e investigaciones de campo, ha propuesto la tecnología riego por gravedad de flujo intermitente, debido a su alta eficiencia en la aplicación y distribución del agua de riego, asociado a costos aproximados de 640 a 750 CUC/ha, incluída la previa nivelación de las áreas con tecnología láser.

El IIRD, en cooperación con la Industria Nacional, ha desarrollado los componentes principales de esta tecnología cubana tales como: la válvula de aluminio bidireccional de 6”; el controlador automático programable alimentado con energía solar; las válvulas de entrega al surco de gasto constante y de gasto variable y las plantillas para su producción seriada.

Controlador programable.

El controlador programable es un equipo electrónico con un microprocesador acoplado al eje de la compuerta de la válvula bidireccional. Admite 3 modos de operación: Automático; Semiautomático; Manual.

Características Generales**:**

- Sencillez y gran flexibilidad de operación.
- Programación automática o personalizada de riego y fertirriego.

- Autocorrección de la programación.
- Retención en memoria de la programación al apagarse.
- Empleo de la energía solar como fuente de alimentación.

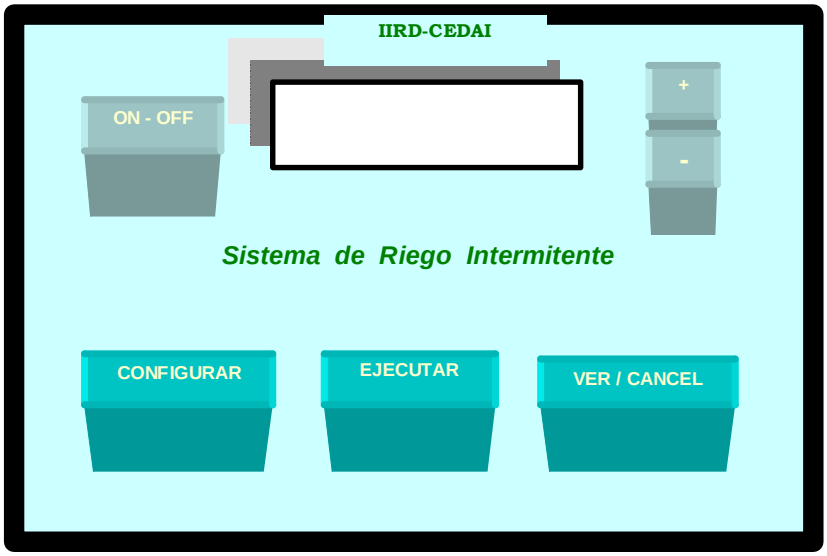

Fig. 1. Panel del controlador programable.

Configuracion inicial del controlador de riego

Al encenderse el CRI aparece en la pantalla de visualizador el mensaje de presentación. Este mensaje permanece en pantalla hasta que se opriman las teclas CONFIGURAR o EJECUTAR. Si el tiempo transcurrido antes de oprimir alguna de estas teclas sobrepasa los 60 segundos, el CRI se apagará automáticamente.

Si se oprime la tecla EJECUTAR, comienza a ejecutarse la última programación configurada. Esto resulta útil en los casos donde la configuración almacenada en la memoria es la adecuada para ejecutarse en ese momento, pues evita tener que configurar nuevamente el controlador cada vez que se encienda.

Si por el contrario, lo que se desea el configurar el CRI, entonces debe oprimirse la tecla CONFIGURAR. Con las teclas [+] ó [-] se puede cambiar el modo de operación del equipo a Automático, Semiautomático o Manual. A partir de este paso de la configuración y en cualquiera de los restantes, si se oprime la tecla EJECUTAR, comienza a ejecutarse la programación configurada, teniendo en cuenta las modificaciones realizadas hasta el momento. Si se oprime la tecla VER / CANCELAR, se anulan todos los cambios realizados y se pasa nuevamente a la pantalla de presentación. Para continuar la configuración, debe oprimirse de nuevo la tecla CONFIGURAR y de acuerdo al modo de operación seleccionado se actúa de la siguiente forma (vd. Fig. 2).

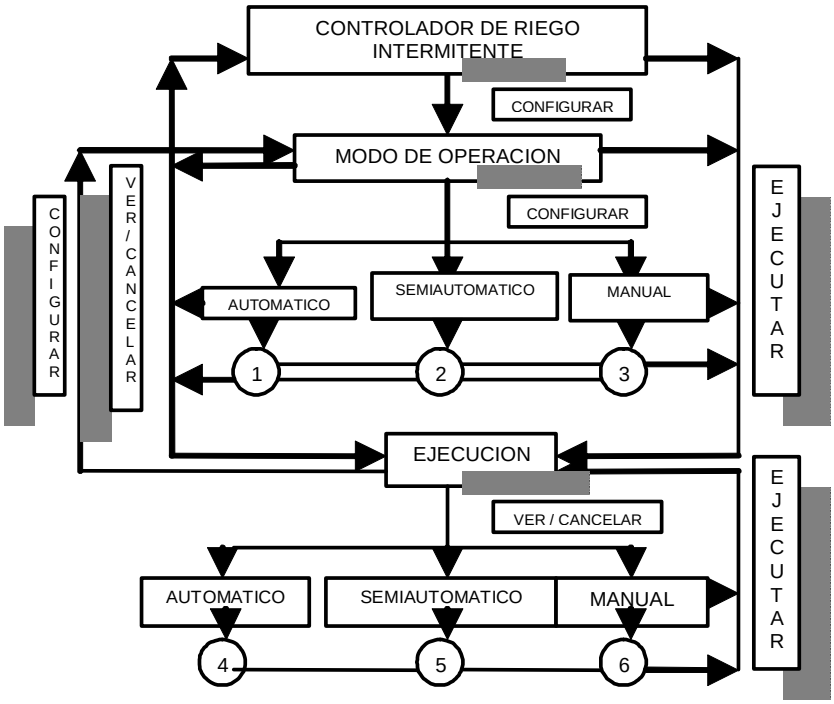

Fig. 2. Diagrama de flujo de la operación general del CRI.

Modo de Operación Automático

En la Figura 3 se muestra el diagrama de flujo de la configuración inicial del modo de operación automático.

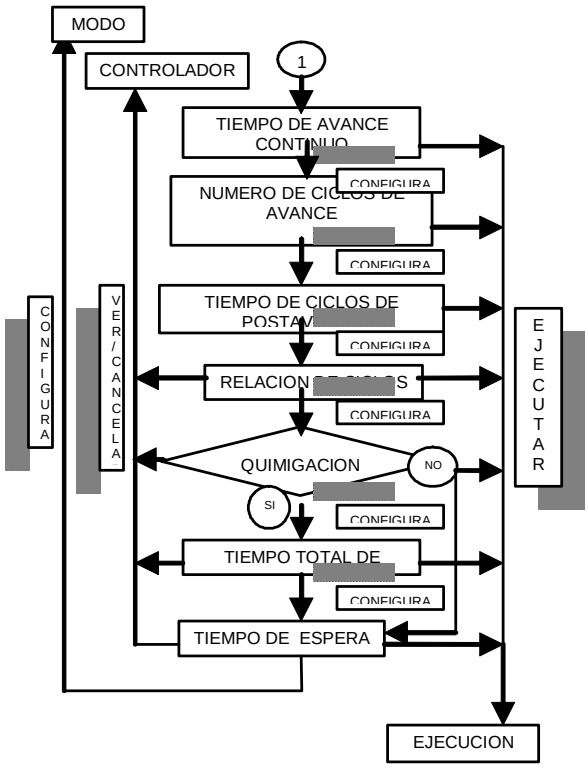

Fig. 3. Diagrama de flujo del Modo Automático.

El tiempo de Avance Continuo representa el tiempo necesario para que el agua alcance el extremo final del campo irrigado de forma tradicional (flujo continuo), que es un dato que usualmente conocen los regadores. Con el Tiempo de Avance Continuo, el CRI calculará automáticamente la cantidad de ciclos de avance necesario y los tiempos de aplicación de cada ciclo de avance y postavance; por lo que el operador normalmente no tendrá que preocuparse por el resto de la configuración del CRI en el modo Automático. Es decir, una vez entrado este tiempo, se puede oprimir la tecla EJECUTAR para comenzar la aplicación del riego y confiar en la programación que el CRI ha configurado automáticamente. No obstante el operador puede continuar visualizando y/o modificando la configuración automática, oprimiendo la tecla CONFIGURAR.

El Número de Ciclos de Avance se calculará automáticamente de acuerdo al Tiempo de Avance Continuo asignado, aunque el operador lo podrá variar oprimiendo las teclas [+] ó [-]. El número mínimo de Ciclos de Avance es 3, mientras el máximo es 12.

El Tiempo de Aplicación de los Ciclos de Postavance se calculará automáticamente de acuerdo al Tiempo de Avance Continuo y al Número de Ciclos de Avance asignados. Los ciclos de la Fase de Postavance se ejecutarán inmediatamente después de finalizada la Fase de Avance con tiempos de aplicación constantes e iguales al indicado el la pantalla del visualizador. Estos se repetirán continuamente mientras esté funcionado el CRI o hasta que la suma de los Ciclos de Avance ejecutados más los Ciclos de Postavance en ejecución alcance la cifra de 24, momento en que se apagará el CRI automáticamente.

Si el tiempo de Aplicación de los Ciclos de Postavance se ajusta a 0, se mostrará en el visualizador el mensaje de “AUTO “, lo que significa que cuando comience la ejecución de la Fase de Postavance los tiempos de aplicación no serán constantes, sino progresivamente más cortos y calculados automáticamente por el CRI.

La Relación de Ciclo representa la correspondencia entre los tiempos de ciclos aplicados al lado izquierdo y derecho de la válvula de riego por impulsos (VRI). La relación normal entre el lado izquierdo y el derecho es de 50% : 50%, resultando en tiempos iguales de aplicación de los ciclos a cada lado. Para campos de forma irregular se debe variar la relación normal, de forma tal que se logre un riego homogéneo en ambos lados de la VRI.

Un sistema de Riego Superficial de Flujo Intermitente permite la implementación eficiente de la quimigación, es decir, la aplicación automatizada de fertilizantes y otros productos químicos necesarios en la agricultura moderna durante la ejecución de los riegos (Contijoch,1998). Para lograr lo anterior, el CRI posee un enchufe situado su base en el que se puede conectar un cable a la bomba de inyección de la solución. El CRI se encarga de enviar las señales de encendido y apagado en los momentos oportunos a la bomba de inyección, la cual debe alimentarse con una batería de 12 Volt. Las soluciones serán aplicadas durante los ciclos de postavance, empleándose el último ciclo para el lavado de la VRI y las tuberías perforadas, con agua limpia.

Para implementar la quimigación a través del CRI en el Modo de Operación Automático, solo se debe determinar el tiempo total necesario para aplicar el volumen de solución que requiere el área que está siendo irrigada por la VRI, según la capacidad de la bomba de inyección disponible.

Finalmente, el Tiempo de Espera permitirá demorar el comienzo de la ejecución de la programación configurada. Si el Tiempo de Espera se ajusta a 0 min., entonces comenzará la ejecución de la programación del CRI inmediatamente después que se oprima la tecla EJECUTAR, de lo contrario, se iniciará una cuenta regresiva, mostrándose en el visualizador el mensaje FALTAN: H:MM hasta hacerse cero, lo que dará inicio a la ejecución de la programación. Durante el conteo regresivo será posible retornar a la configuración del CRI, oprimiendo la tecla CONFIGURAR. El Tiempo de Espera solo puede ser configurado al encender el CRI.

Modo de operación semiautomático

En el Modo de Operación Semiautomático (Figura 4) es necesario configurar el Tiempo de Aplicación de cada ciclo individualmente, siendo la cantidad máxima de ciclos programables 24. Inmediatamente después que se le asigne un Tiempo de Aplicación a un ciclo determinado y se opriman las teclas CONFIGURAR o EJECUTAR, todos los ciclos siguientes tomarán como referencia ese mismo Tiempo de Aplicación, mientras que los ciclos anteriores mantendrán el tiempo asignado.

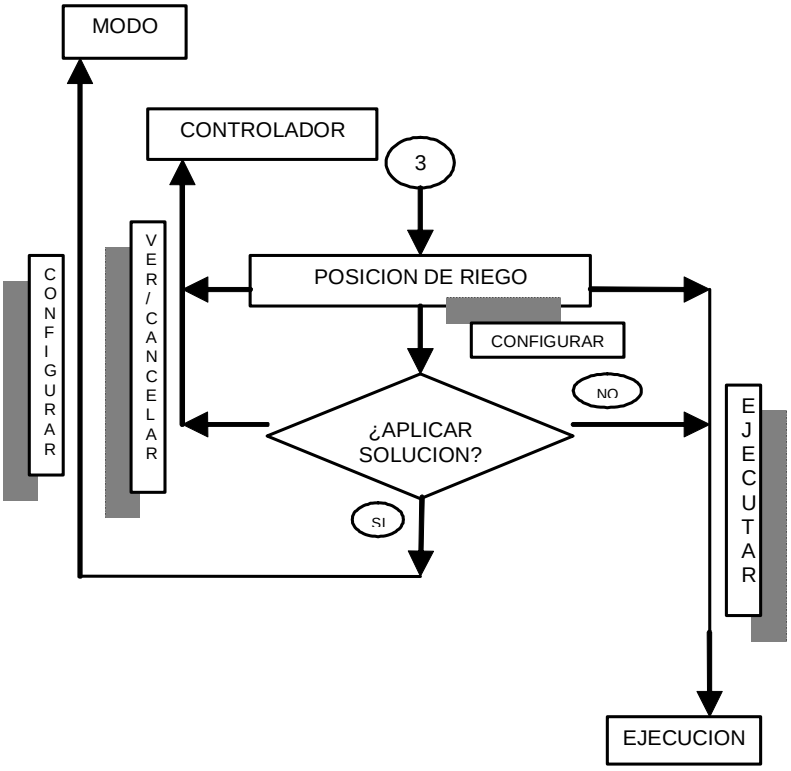

Fig. 4. Diagrama de flujo del Modo Semiautomático

La implementación de la quimigación en este modo es similar al modo Automático, solo que es necesario especificar el ciclo donde se desee iniciar la quimigación. El ciclo mínimo admitido es 1 mientras que el máximo es 23, dejando, al menos, un ciclo para el lavado de la VRI y las tuberías perforadas.

Modo de operación manual

El Modo de Operación Manual (Figura 5) le permite al operador cambiar la posición de riego en cualquier momento, es decir, variar la dirección del flujo de agua en la VRI,

hacia la izquierda, la derecha o al centro, así como ordenar al CRI que accione o detenga la bomba de inyección para la quimigación.

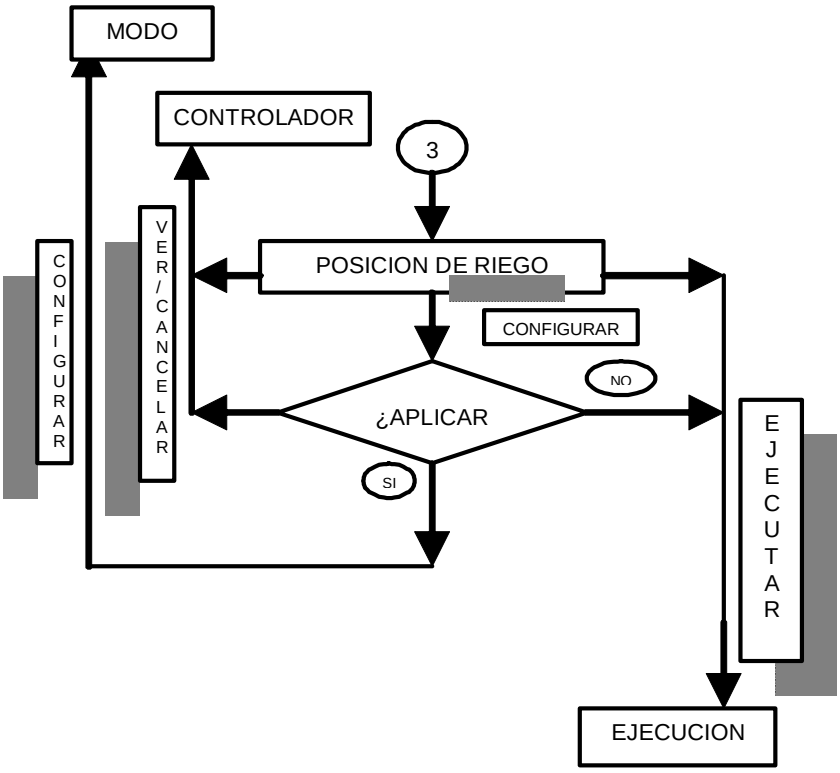

Fig. 5. Diagrama de flujo del Modo Manual

Tecnología de riego por aspersión de baja intensidad

El riego por aspersión ocupa 66672,17 ha que es aproximadamente 16,0 % del área total de riego, con una eficiencia de aplicación de agua entre 0.70 – 0.75, modalidad de aspersión de baja intensidad para pequeñas áreas (1-4 hectáreas), con costo del sistema entre 1 000 – 1 100 CUC/ha.

El Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD) en cooperación con la Industria Nacional ha desarrollado la Tecnología Cubana de Sistemas de Riego por Aspersión de baja intensidad para la producción de más del 90% de los componentes, en una primera versión de aluminio y posteriormente la versión en plástico.

La utilización de esta tecnología en sustitución de los sistemas de riego de alta presión, contribuye al ahorro de agua y a la preservación de los suelos, así como a la sustitución de importaciones. Con ello se garantiza la reposición de los elementos que constituyen el sistema de riego, contribuyendo a su sostenibilidad.

Bibliografía

Amorós, M, 1991. Riego por Goteo en Cítricos, Manual Práctico. Ediciones Mundiprensa, Madrid.

Angulo, UJM, 1999. Microcontroladores PIC Diseño Práctico y Aplicaciones. Segunda edición.

Angulo, UJM et all. Microcontroladores PIC, Segunda Parte; PIC16F87X. Editorial McGraw Hill. México.

Base de datos del Forum de Ciencia y Técnica. Cuba. 2001.

Benavente, R.M., et al., 2000. Sistemas para la automatización de los invernaderos. Vida Rural No.118..

Benavente, R.M., et al., 2001. Estrategias de control de clima en invernaderos. Horticultura, No.156.

Instructivo técnico del cultivo de la guayaba, 1997. Dirección de cítricos y otros frutales. Centro de información y divulgación agropecuario. Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana, Cuba..

Microchip, 2006. Microchip. http://www.microchip.com.

Micromatic, 2002. Manual del Usuário. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la Habana, Cuba.

Microsystems Engineering, 2001. http://arrakis.es/~msyseng.

Oficina Cubana de la Propiedad Industrial,OCPI. Fondo de patentes. 1998 – 2006.

Predio, M, 1998. programming and Customizing the PIC Microcontroller. Ed. McGraw Hill. USA.

Riegomatic, 2001. Manual del Usuario. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la habana, Cuba.

Rodríguez, L et al.,1996. Tecnología Cubana para la Automatización del Riego Localizado. X Forum de Ciencia y Técnica, Cuba.

Rodríguez, L et al., 1997. Automatización del Riego con el empleo de la energía Solar. XI Forum de Ciencia y Técnica, Cuba.